

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 195 48 612 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H 03 K 17/081  
H 03 K 17/687  
B 60 R 16/02

21 Aktenzeichen: 195 48 612.9  
22 Anmeldetag: 23. 12. 95  
43 Offenlegungstag: 28. 8. 97

DE 195 48 612 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Schenk, Joachim, 71282 Hemmingen, DE; Aupperle,  
Bernd, 71711 Steinheim, DE

56 Entgegenhaltungen:

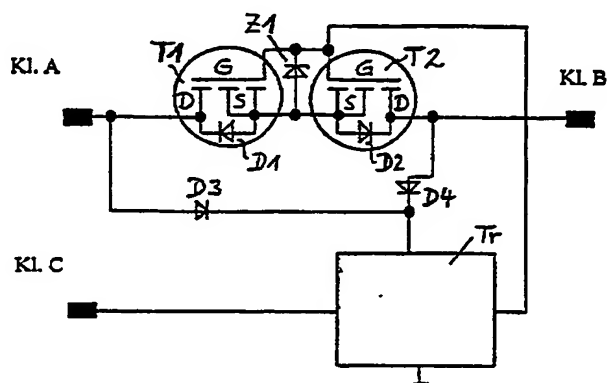
DE 41 17 122 A1  
DE 34 30 961 A1  
EP 05 74 646 A1

LEMME, H.: Sichere Schaltungen mit TOPFET, IN:  
Elektronik 4/1993, S. 24-27;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Elektronischer Schalter

57 Es wird ein elektronischer Schalter angegeben, der als  
Analogschalter mit einem oder mehreren Ausgängen wirkt  
und wenigstens zwei MOS-Feldeffekttransistoren aufweist,  
die entweder sourceseitig oder drainseitig miteinander ver-  
bunden sind. Dabei ist mindestens einer der verwendeten  
MOS-Feldeffekttransistoren bzw. anderes bidirektional lei-  
tendes Bauelement mit einem internen oder externen Über-  
lastschutz versehen, so daß die gesamte Analogschalteran-  
ordnung überlastgesichert ist. Die Überlastabschaltung kann  
temperaturabhängig oder mittels von außen vorgegebener  
Bedingungen erfolgen.



DE 195 48 612 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem elektronischen Schalter zum zeitweiligen Verbinden zweier Anschlüsse nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Es sind Analogschalter aus der Signalaufbereitung bekannt, bei der sie z. B. zum Schalten von Signalen, insbesondere bei kleinen Spannungen oder niedrigen Strömen und somit niedriger Leistung eingesetzt werden.

Aus dem Fachbuch U. Tietze, Ch. Schenk: Halbleiter-Schaltungselektronik, 5. Auflage, 1980, Seite 397–407 sind z. B. solche Analogschalter bekannt, die unter Verwendung eines Feldeffekttransistors aufgebaut sind. Diese bekannten Analogschalter nutzen die Tatsache aus, daß sich ein Feldeffekttransistor bei kleinen Drain-Source-Spannungen wie ein ohmscher Widerstand verhält, der mit der Gate-Source-Spannung um mehrere Zehnerpotenzen verändert werden kann und somit als Schalter geeignet ist.

In Anwendungen mit höheren Leistungen sind bislang die Leistungsbaulemente (Dioden, Transistoren, Thyristoren, Relais etc.) auf die maximale Leistung, z. B. Kurzschluß der Last ausgelegt oder durch aufwendige Schutzschaltungen vor Zerstörung geschützt.

Weiterhin sind die Ladungspumpen z. B. aus Anwendungen von Motorsteuerungen mit Leistungs-H-Brücken bekannt. Hierbei sind die plusseitigen Leistungsschalter mit einer Spannung durchzusteuern, die höher liegt als positive Leistungsversorgung.

## Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße elektronische Schalter mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Schaltern den Vorteil, daß ein sicherer Überlastschutz gewährleistet ist, der auch die Verbindung problematischer Lasten mit Spannungsversorgungen oder die Verbindung zweier Stromkreise, z. B. zweier Bordnetzkreise im Kfz, ermöglicht. Dabei ist ein Überlastschutz gewährleistet, der auch die Verbindung von problematischen Lasten ermöglicht, z. B. leere Kapazitäten oder Batterien und problematische Betriebszustände wie Kurzschluß und Überspannung verträgt. Erzielt wird dieser Vorteil, indem der elektronische Schalter als Analogschalter aufgebaut ist, der zwei in Serie geschaltete Feldeffekttransistoren aufweist, von denen wenigstens einer überlastgeschützt ist. Ein solcher elektronischer Schalter kann in vorteilhafter Weise unabhängig von Spitzenströmen eingesetzt werden. Weiterhin ist eine Diodenfunktion mit geringer Durchfluß- und damit auch geringer Einsatzspannung sowie ein bidirektionaler Schalter realisierbar.

Weiterhin ist vorteilhaft, daß der erfindungsgemäße Analogschalter aufgrund der bidirektionalen Stromführungsmöglichkeit keine Mindestspannungsbegrenzung wie Dioden (Si-Dioden = 0,7 V, Schottky-Dioden ca. 0,35 V) verursacht, sondern bereits ab 0 V leitet, wobei Überlastschutz gewährleistet ist, der auch die Verbindung problematischer Lasten ermöglicht, z. B. leere Kapazitäten/Batterien bzw. problematische Betriebszustände wie Kurzschluß und Überspannung verträgt. Dies ermöglicht eine bessere Ausnutzung von Spannungsdifferenzen und bedeutet, daß bei Verwendung im

Zusammenhang mit einer Batterieaufladung auch kleine Spannungsdifferenzen zum Laden genutzt werden können. Weitere Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß ein stromabhängiger Spannungsabfall auftritt. Es ergibt sich eine geringe Verlustleistung speziell bei kleinen und mittleren Strömen. Dies ist ein Vorteil gegenüber herkömmlichen Dioden, die eine fast konstante Durchflußspannung aufweisen.

Durch den Einsatz eines überlastgeschützten MOS-Feldeffekttransistors kann der als Diode geschaltete Analogschalter auch in Stromzweigen verwendet werden, deren Spitzenströme über dem spezifizierten Nennstrom liegt, da sich der Analogschalter selbst abschaltet bei Überschreitung des Stromes bzw. bei Überlastungen. Bei erneutem Einschalten kann der MOS-Feldeffekttransistor wieder einen Strom führen, der ihn bis zu seiner Überlastgrenze bringt. Wird diese Überlastgrenze erreicht, schaltet der Feldeffekttransistor wieder ab. Es ist also die erfindungsgemäße Diodenersatzschaltung mit beliebig kleinem Nennstrom bei beliebig großen Spitzenströmen einsetzbar.

Weitere Vorteile der Erfindung sind eine gute Sperrwirkung sowie Steuerungsmöglichkeiten, die einen steuerbaren Vorwärts- und Rückwärtsstrom zulassen, beispielsweise zur Laststrombegrenzung oder zur Spannungsbegrenzung. Durch weitere Schaltungsergänzungen und beispielsweise Steuersignalen an anderen Klemmen lassen sich zusätzliche Steuerfunktionen zum Durchschalten bzw. Sperren des Analogschalters erzielen.

Der erfindungsgemäße elektronische Schalter läßt sich vorteilhafterweise zur Verbindung von beliebigen Stromkreisen in uni-, bi- bzw. multidirektionale Richtungen einsetzen. Es lassen sich auch Bordnetzkreise in Kraftfahrzeugen mit einseitigen oder beidseitigen Pufferspeichern, beispielsweise Batterien, Akkumulatoren oder Kondensatoren verbinden. Da der Spannungsabfall bei kleinen Strömen abnimmt, werden beispielsweise bei der Aufladung von Batterien über einen erfindungsgemäßen elektronischen Schalter mit begrenzter Spannungsquelle auch kleine Spannungsunterschiede zur Ladung ausnutzbar. Es ist in vorteilhafter Weise möglich, die erfindungsgemäßen elektronischen Schalter auf Nennstrom aus zulegen und sie überall dort einzusetzen, wo Dioden oder herkömmliche Schalter wegen Überlastungsgefahr überdimensioniert werden müßten.

Erzielt werden diese Vorteile durch die im Haupt- bzw. den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen.

## Zeichnung

Die Erfindung wird in den Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Im einzelnen zeigt Fig. 1 ein Blockschaltbild für einen Analogschalter, der als bidirektionaler Schalter einsetzbar ist. In Fig. 2 ist ein Analogschalter mit Diodenfunktion dargestellt. Fig. 3 zeigt einen Analogschalter mit dioden- sowie uni- oder bidirektionaler Schalterfunktion. In Fig. 4 ist ein Analogschalter dargestellt, der drainseitig verbundene MOS-Feldeffekttransistoren umfaßt und Fig. 5 zeigt einen Analogschalter mit mehreren Ausgängen.

## Beschreibung

In Fig. 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, bei dem der elektronische Schalter ein

Analogschalter ist, der als bidirektionaler Schalter einsetzbar ist. Der Schalter liegt zwischen den Klemmen Kl. A und Kl. B. Er umfaßt zwei MOS-Feldeffekttransistoren T1, T2. Die beiden Feldeffekttransistoren T1, T2 sind dabei so beschaltet, daß jeweils die Source-Elektroden S miteinander verbunden sind, während die Drain-Elektroden D mit den jeweiligen Anschlüssen Kl. A bzw. Kl. B in Verbindung stehen. Die beiden Steuerelektroden (Gate) G sind miteinander verbunden, eine Zenerdiode Z1 kann zum Schutz der Gates jeweils zwischen den Gates G und den Sources S gelegt werden.

Bei einer derartigen Beschaltung sind die beiden internen Inversdioden der MOSFETs mit D1 und D2 bezeichneten Dioden zwischen Drain D und Source S der beiden Feldeffekttransistoren T1 und T2 unterschiedlich gepolt. Damit die sourceseitig miteinander verbundenen MOS-Feldeffekttransistoren T1 und T2 durchschalten können, ist eine Ladungspumpe bzw. eine ausreichend hohe Spannung erforderlich. Diese Ladungspumpe umfaßt beispielsweise einen MOSFET-Treiber mit Ladungspumpe Tr, der an eine Klemme Kl. C angeschlossen ist und mit dem Gate G der beiden Feldeffekttransistoren T1, T2 in Verbindung steht und dort eine erhöhte Spannung zuführt.

Die Versorgung der Ladungspumpe geschieht z. B. von Klemme Kl. A über eine Diode D3 zur Ladungspumpe Tr sowie von Kl. B über eine Diode D4 zum selben Anschluß der Ladungspumpe Tr.

Damit die in Fig. 1 dargestellte Schaltung als überlastgeschützter Analogschalter wirkt, muß wenigstens einer der beiden MOS-Feldeffekttransistoren T1, T2 eine externe oder integrierte Überlastabschaltung aufweisen. Diese Überlastabschaltung spricht beim Erreichen eines vorgebbaren maximalen Stromes oder einer vorgebbaren Temperatur an und schaltet den überlastgeschützten MOSFET ab. Es kann damit auch der zweite MOSFET geschützt werden, da nach dem Abschalten auch durch diesen Transistor kein Strom mehr fließen kann.

Bei Einsatz eines MOS-Feldeffekttransistors mit temperaturabhängigen Überlastschutz läßt sich eine temperaturabhängige Abschaltung realisieren. Durch Zuführung geeigneter Signale über Klemme Kl. C können die MOS-Feldeffekttransistoren T1, T2 abhängig von verschiedenen wählbaren Parametern z. B. auch Überspannung ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Wird zusätzlich zu der in Fig. 1 dargestellten Schaltungsanordnung ein Komparator eingesetzt, der die Spannung an den Klemmen Kl. A und Kl. B vergleicht, kann eine Diodenfunktion realisiert werden. Es wird dann beim Auftreten einer Differenzspannung, die beliebig klein wählbar sein kann, der Schalter durchgeschaltet. Ein solches Ausführungsbeispiel ist in Fig. 2 dargestellt. Bei der Schaltungsanordnung nach Fig. 2 ist die in Fig. 1 beschriebene Schaltung durch einen als Komparator beschalteten Operationsverstärker OP erweitert. Neben dem Operationsverstärker OP umfaßt die Komparatoranschaltung fünf Widerstände R1, R2, R3, R4, R5. Es wird über den Widerstand R1 die an Klemme Kl. A herrschende Spannung zum invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP geführt. Über den Widerstand R2 wird die an Klemme Kl. B herrschende Spannung dem nichtinvertierenden Eingang zugeführt. Durch eine geeignete Dimensionierung der Widerstände R1—R5 läßt sich die Spannungsdifferenz einstellen, die zwischen den Klemmen Kl. A und Kl. B herrschen muß, damit der elektronische Schalter durchschaltet. Je nach Komparatorpolung kann bei einer positiven oder

negativen Spannungsdifferenz eine Durchschaltung erfolgen. Die Funktion der in Fig. 2 dargestellten Schaltungsanordnung entspricht generell einer überlastgeschützten Diode mit niedrigem stromabhängigen Spannungsabfall.

In Fig. 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Dabei handelt es sich um einen Analogschalter mit dioden- sowie uni- oder bidirektionaler Schalterfunktion. Diese Schaltung ist gegenüber der in Fig. 2 dargestellten Schaltung um zwei Anschlüsse Kl. C und Kl. D erweitert. Kl. C ist über den Widerstand R6 mit dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP verbunden, während Klemme Kl. D über den Widerstand R7 mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP in Verbindung steht. Über die beiden Anschlüsse Kl. C und Kl. D lassen sich weitere Schalterfunktionen realisieren, je nachdem wie die Anschlüsse Kl. C sowie Kl. D beschaltet sind.

In Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem die beiden MOS-Feldeffekttransistoren T1, T2 auf der Drain-Seite miteinander verbunden sind. Hierbei ist die beidseitige Versorgung von Lasten und/oder der Ladungspumpe direkt über die verbundenen Drainanschlüsse ohne zusätzliche Dioden möglich. Die Source-Elektrode des Feldeffekttransistors T1 ist mit dem Anschluß Kl. A verbunden und kann über eine Zenerdiode Z3 das Gate des Transistors T1 schützen, wobei das Gate weiterhin mit einem Anschluß des MOSFET-Treibers mit Ladungspumpe Tr in Verbindung steht. Ein weiterer Anschluß des MOSFET-Treibers mit Ladungspumpe Tr führt zum Gate G des Feldeffekttransistors T2, das über eine Zenerdiode Z2 mit der Source-Elektrode S in Verbindung stehend geschützt werden kann.

Die Funktionsweise dieser Schaltungsanordnung entspricht im wesentlichen der Funktionsweise der Schaltung nach Fig. 1. Zur sicheren Umschaltung der Feldeffekttransistoren T1, T2 wird diesen über den MOSFET-Treiber mit Ladungspumpe Tr eine erhöhte Spannung zugeführt.

Für die bisher dargestellten Ausführungsbeispiele gilt, daß anstatt oder parallel zur Ladungspumpenversorgung auch weitere Lasten an der beidseitigen Versorgung angeschlossen werden können, zur Sicherstellung der Versorgung.

In Fig. 5 ist ein Analogschalter mit mehreren Anschlüssen dargestellt. Dieser ist gegenüber dem in Fig. 1 angegebenen Ausführungsbeispiel durch zwei weitere MOS-Feldeffekttransistoren T3, T4 erweitert. Die Drain-Elektroden dieser beiden Feldeffekttransistoren führen auf Klemmen Kl. E und Kl. F. Die Source-Elektroden der vier Feldeffekttransistoren T1—T4 sind jeweils miteinander verbunden. Mit diesem Ausführungsbeispiel lassen sich Schaltfunktionen zwischen verschiedenen Ausgängen realisieren. Wesentlich ist, daß wenigstens in jedem Schaltpfad ein MOS-Feldeffekttransistor mit Überlastbegrenzung vorhanden ist.

Als Ergänzung zu dieser Schaltung kann der MOSFET-Treiber mit Ladungspumpe Tr von einem bis zu allen vier Anschlüssen bzw. dem Drainmittelpunkt bei draingekoppelten Analogschaltern über Dioden entkoppelt versorgt werden.

Mit allen dargestellten Ausführungsbeispielen ist die Realisierung eines Analogschalters möglich, der durch den Einsatz eines überlastgeschützten MOS-Feldeffekttransistors unabhängig von Spitzenströmen eingesetzt werden kann. Weiterhin ist mit einigen Ausführungsbeispielen eine Diodenfunktion mit geringer Durchfluß- und damit auch Einsetzspannung sowie ein bidirektio-

naler Schalter realisierbar.

Mit den in den Ausführungsbeispielen nach Fig. 1 bis 5 dargestellten Analogschaltern lassen sich verschiedenartige elektrische Systeme problemlos miteinander verbinden. Ein Einsatz der dargestellten Analogschalter ist beispielsweise in Bordnetzen bei Kraftfahrzeugen möglich. Dabei kann beispielsweise der Anschluß Kl. A mit dem Generator des Fahrzeugs in Verbindung stehen, während die Klemme Kl. B mit den oder mit wählbaren Verbrauchern des Bordnetzes in Verbindung steht. Auch Bordnetze mit mehreren Batterien sowie mehrkreisigen Verbraucherschaltungen lassen sich mit Hilfe der in den Ausführungsbeispielen angegebenen Analogschalter miteinander kombinieren, wobei die Zu- und Abschaltung problemlos erfolgen kann.

Ergänzend sind folgende Funktionen möglich:

#### 1. Linearreglerfunktion

Die Ansteuerung der MOSFET durch die Ladungspumpe bzw. einer höheren Spannung kann auch so erfolgen, daß die Gatespannung so variiert wird, so daß der Analogschalter zusätzlich noch als Linearregler mit Überlastschutz verwendet werden kann.

#### 2. Bidirektionaler Überlastschutz

Bei manchen überlastgeschützten MOSFETs wird die Gate-/Sourcestrecke niederohmig bei Überlastung. Hierbei kann durch die Kopplung der Gateanschlüsse des überlastgeschützten MOSFETs und des ungeschützten MOSFETs von einer weichen Versorgung bzw. Ladungspumpe angesteuert werden. Diese wird bei Überlastung zusammenbrechen und somit beide MOSFETs bei Überlastung abschalten.

Dies senkt einerseits die Kosten, da nur ein temperaturgeschützter MOSFET und ein normaler etwas leistungstärkerer MOSFET bei bidirektional notwendigem Überlastschutz benötigt wird. Andererseits hat ein normaler MOSFET einen geringeren  $R_{DSon}$  als ein überlastgeschützter MOSFET, was geringeren Spannungsabfall und damit reduzierte Verlustleistung sowie größere nutzbare Spannung für die Last bedeutet.

Der Zusammenbruch der Spannung am Gate kann auch sensiert werden und als Signal z. B. für die Diagnose weiterverwendet werden.

4. Elektronischer Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwischen den untereinander verbundenen gleichartigen Elektroden der Feldeffekttransistoren (T1, T2) und der Gate-Elektrode der beiden Feldeffekttransistoren eine Zenerdiode liegt, die die Maximalspannung begrenzt.

5. Elektronischer Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Spannungserhöhung vorgesehen sind, insbesondere ein MOSFET-Treiber mit Ladungspumpe, der jeweils mit der Gate-Elektrode der Feldeffekttransistoren in Verbindung steht.

6. Elektronischer Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine Komparatoranordnung vorhanden ist, daß einem Eingang des Komparators die an einer Klemme herrschende Spannung und dem anderen Eingang des Komparators die an der anderen Klemme herrschende Spannung zugeführt wird und daß die Ausgangsspannung des Komparators den Mitteln zur Ladungserhöhung zugeführt wird, wodurch der elektronische Schalter als Analogschalter mit Diodenfunktion wirkt.

7. Elektronischer Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Feldeffekttransistoren vorhanden sind, deren Drain-Elektroden auf weitere Klemmen führen und deren Source-Elektroden miteinander sowie mit den Source-Elektroden der übrigen Transistoren verbunden sind.

8. Verwendung eines elektronischen Schalters nach einem der vorhergehenden Ansprüche im Zusammenhang mit einem Fahrzeugbordnetz, wobei der elektronische Schalter zum zeitweiligen Verbinden wählbarer Verbraucher und/oder einer Batterie mit einem Generator und/oder mehrerer Batterien dienen.

9. Verwendung eines elektronischen Schalters nach einem der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, daß der elektronische Schalter zum zeitweiligen Verbinden mehrerer Anschlüsse in einem mehrkreisigen Fahrzeugbordnetz dient, wobei das mehrkreisige Bordnetz wenigstens zwei Batterien umfaßt.

#### Patentansprüche

1. Elektronischer Schalter zum zeitweiligen Verbinden wenigstens zweier Anschlüsse mit wenigstens zwei elektrisch steuerbaren Schaltelementen, die in einer Leitung zwischen den beiden Anschlüssen angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens eines der elektrisch steuerbaren Schaltelemente ein Feldeffekttransistor oder ein anderes bidirektionales Bauelement mit externer oder integrierter Überlastabschaltung ist.

2. Elektronischer Schalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle elektrisch steuerbaren Schaltelemente Feldeffekttransistoren sind, wobei jeweils die Source-Elektroden oder jeweils die Drain-Elektroden miteinander in Verbindung stehen.

3. Elektronischer Schalter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Feldeffekttransistoren Metall-Oxid-Semiconductor (MOS-Feldeffekttransistoren) sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

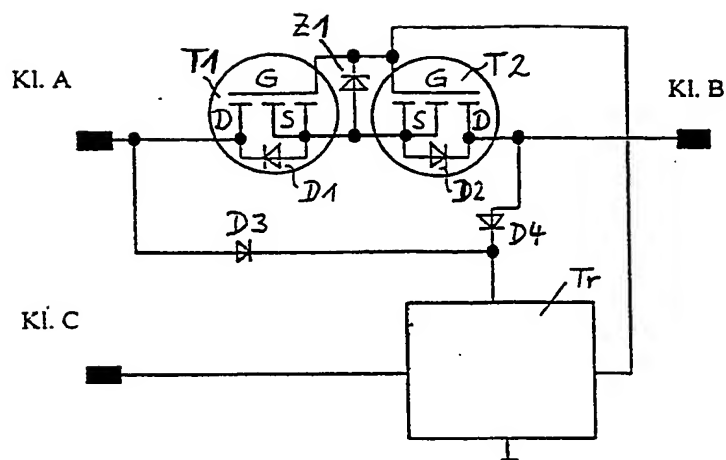


Fig 1

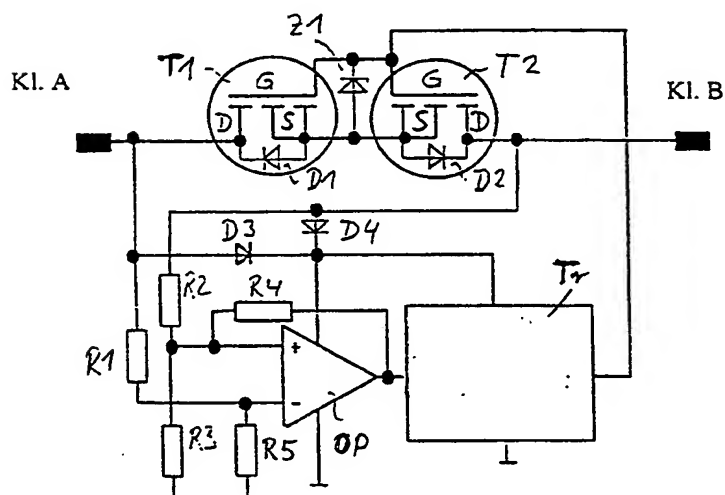


Fig 2

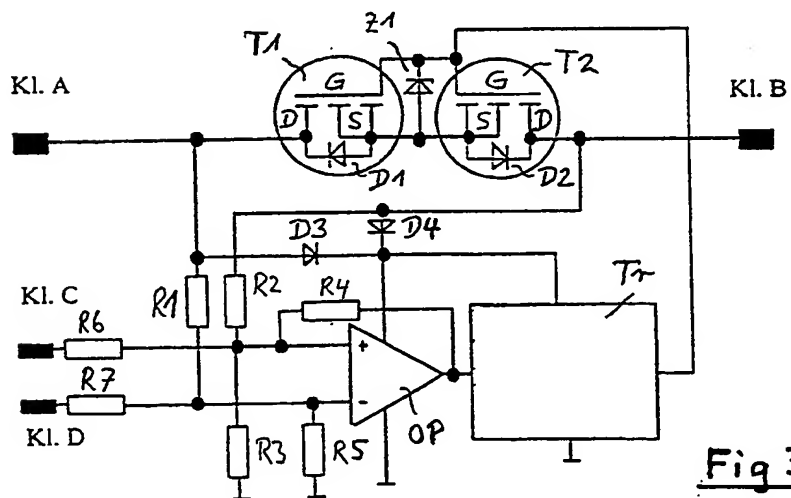


Fig 3

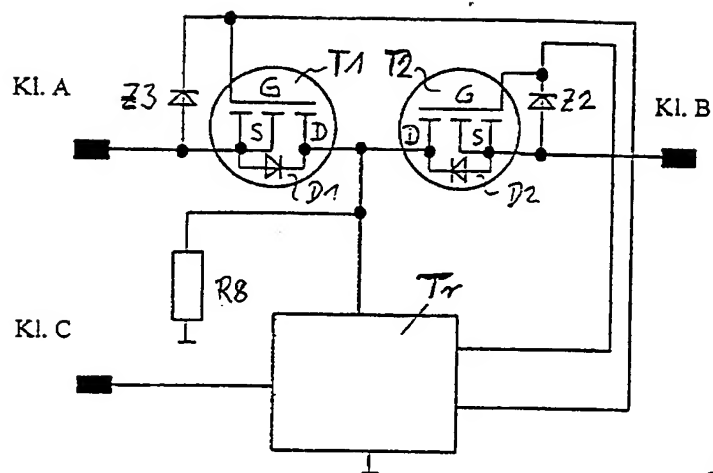


Fig 4

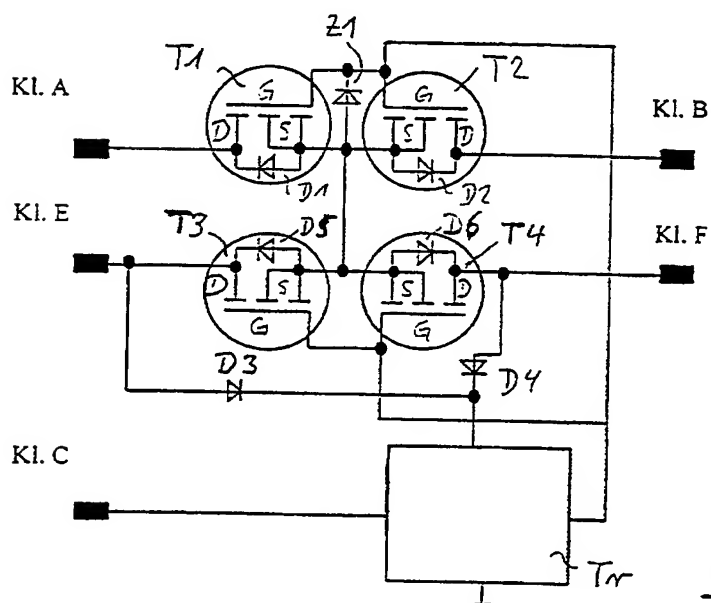


Fig 5